

LOS COMBUSTIBLES SOSTENIBLES DE AVIACIÓN: UNA OPORTUNIDAD INDUSTRIAL PARA ESPAÑA DE TRANSICIÓN ECOLÓGICA JUSTA

SUSTAINABLE AVIATION FUELS: AN INDUSTRIAL OPPORTUNITY FOR SPAIN FOR A JUST ECOLOGICAL TRANSITION

Teresa Parejo Navajas,
Directora de sostenibilidad
tparejon@iberia.es
Carlos Marjaliza Fernández,
Mánager de sostenibilidad
cmarjalizaf@iberia.es

Fecha recepción artículo: 27/11/2013 • Fecha aprobación artículo: 30/01/2024



RESUMEN:

Los combustibles sostenibles de aviación (SAF) representan la tecnología clave para la transición ecológica del sector. Además de descarbonizar los vuelos, en términos de ciclo de vida, generan riqueza y empleo de calidad. En un reciente informe realizado para Iberia por PWC se demuestra que la apuesta por el desarrollo de la industria de SAF en España podría suponer una gran oportunidad para ese país, no solo porque contribuiría a la descarbonización de un sector estratégico (transición ecológica), sino que, además, generaría alrededor de 56 mil millones de euros de aportación al PIB, y unos 270 mil empleos de calidad, contribuyendo a la cohesión social y territorial en España (transición justa).

Palabras clave: Aviación, Descarbonización, SAF, Transición ecológica y justa, Cohesión social y territorial.

ABSTRACT:

The sustainable aviation fuels (SAF) represent the key technology for the sector's ecological transition. In addition to decarbonizing flights, in terms of life cycle, they generate wealth and quality employment. A recent report carried out for Iberia by PWC shows that the commitment to the development of the SAF industry in Spain could represent a great opportunity for that country, not only because it would contribute to the decarbonization of a strategic sector (ecological transition), but also because it would generate around 56 billion euros of contribution to its GDP, and about 270 thousand quality jobs, providing social and territorial cohesion in Spain (just transition).

Keywords: Aviation, Decarbonization, SAF, Ecological and just transition, Social and territorial cohesion.

Teresa Parejo Navajas. *Directora de sostenibilidad. Desde octubre de 2019, Teresa Parejo-Navajas es la directora de sostenibilidad de Iberia. Anteriormente desarrolló su amplia carrera académica como Profesora de Derecho Administrativo en la Universidad Carlos III (Madrid, España), especializándose en regulación y políticas de cambio climático. Premio extraordinario de Tesis Doctoral en 2003. Colaboró con el Sabin Center for Climate Change Law (Universidad de Columbia) y la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible (SDSN), durante el tiempo que vivió en Nueva York.*

Carlos Marjaliza Fernández. *Mánager de sostenibilidad. Ingeniero aeronáutico de profesión, Carlos Marjaliza Fernández ha desarrollado su carrera profesional dentro de Iberia desde el año 2014, especializándose en el área de ingeniería de control de aeronavegabilidad, cubriendo los principales sistemas del avión como mandos de vuelo, trenes de aterrizaje o sistema hidráulico, entre otros. En abril de 2022, pasa a liderar el área medioambiental de la Dirección de Sostenibilidad, en los negocios de aerolínea, mantenimiento (MRO) y Handling.*



1. LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y JUSTA DE LA AVIACIÓN: QUÉ SIGNIFICA Y CÓMO PUEDE LOGRARSE

Es sabido por todos que la Unión Europea se ha comprometido a reducir sus emisiones en al menos un 55% en el año 2030 (tomando como base 1990), y con el objetivo último de lograr emisiones netas cero en el año 2050, alineándose así con el mejor estado de la ciencia y los compromisos del Tratado de París, para evitar los peores efectos del cambio climático. La transición hacia una economía descarbonizada debe hacerse, además, *sin dejar a nadie atrás*, es decir, aprovechando la necesaria transformación del sistema productivo para crear un mundo más justo e inclusivo. Para lograr ese ambicioso objetivo, la Comisión Europea presentó en 2019 y aprobó en 2020, el Pacto Verde Europeo (COM/2019/640 final), en el que se contienen las herramientas (normas, políticas, y financiación) para cumplir los compromisos adquiridos.

La aviación es una actividad económica que, por sus características operativas y tecnológicas, es de difícil descarbonización, pero que presta un servicio de alto impacto social; no solo por garantizar la interconexión de los territorios, sino por resultar crítico para el sector turístico que, en España y en otros muchos países del mundo, muchos de ellos, vulnerables, supone un importante porcentaje de la generación de riqueza y empleo de su población. Hablar de transición justa en la aviación exige, por tanto, encontrar soluciones reales que hagan posible su descarbonización garantizando, al tiempo, el bienestar que proporciona en la sociedad.

Según un estudio realizado por la consultora *PricewaterhouseCoopers* (en adelante, PWC) en junio de 2023, la descarbonización de la aviación puede suponer una oportunidad para España de convertirse en el país referente en producción y uso de combustibles sostenibles para la aviación (en adelante, SAF), creando una nueva industria que sirva a la transición ecológica de este sector estratégico, generando además empleo de calidad y cohesión social y territorial.

El presente artículo explica, de manera breve, la hoja de ruta para la transición ecológica de la aviación y pone cifras a la oportunidad que podría significar para España aprovechar la necesaria creación de la nueva industria de combustibles sostenibles de aviación como proyecto de relevancia innegable para la realización de una verdadera transición ecológica y justa en nuestro país. Para ello, primero se explica el contexto general y medidas para la descarbonización de la aviación, exponiendo las propias desarrolladas por Iberia, para finalmente describir la metodología de medición del informe de la industria de SAF y su potencial para España, con datos de impacto, en términos de cohesión social y territorial, es decir, como medida de transición justa.



2. LA HOJA DE RUTA HACIA LA DESCARBONIZACIÓN DE LA AVIACIÓN A 2030 Y 2050: AGENDA 2030, PACTO EUROPEO Y TRATADO DE PARÍS

La Agenda 2030 constituye “(...) un llamamiento universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las perspectivas de las personas en todo el mundo.” (<http://un.org>). A través de 17 objetivos y 169 metas, la Agenda establece un marco para la definición de políticas, planes y programas de desarrollo sostenible en los países firmantes. Estos objetivos y metas conciernen a los gobiernos, al sector privado y a la propia sociedad civil, y solo podrán lograrse a través de alianzas entre todos ellos, compartiendo conocimientos, capacidades técnicas, tecnologías y recursos financieros. Son objetivos globales, abarcan los aspectos ambientales, sociales y de gobernanza de la sostenibilidad, están todos interconectados y se refuerzan entre ellos.

Si bien es indiscutible que la aviación genera impactos en el medioambiente por su dependencia actual de los combustibles fósiles, la gravedad de los mismos no se debe tanto a la cantidad en términos relativos (frente a otros sectores de actividad económica), como a la dificultad de su descarbonización y al problema que genera de “justicia climática”, en tanto que tales emisiones son producidas por el 5-20% de la población mundial, y 50% de las emisiones de la aviación vienen de los “súper-emisores”, que son los que vuelan con frecuencia (Thorfinn Stainforth, 2019). A día de hoy, según datos publicados por IATA, las emisiones de CO₂ provenientes de la actividad del transporte aéreo representan entre el 2 y el 3% de las emisiones totales globales. Dentro del sector transportes, la aviación representa un 12% frente a, por ejemplo, el transporte por carretera, que representa alrededor de un 74% (<http://iata.org>).

Por todo lo anterior, y porque se prevé que la aviación siga creciendo en los próximos años, es esencial que la aviación adopte estrategias de descarbonización ambiciosas que sustituyan al queroseno de aviación. De no lograrlo, tal y como indica un estudio de BCG, en el año 2050 la aviación representará el 20% de las emisiones totales globales en tanto que otros sectores se habrán ya electrificado (Whalen, R. et al, 2021). Este escenario es sencillamente imposible de imaginar, porque supondría romper los límites del Acuerdo de París, y porque la sociedad lo rechazaría por falta de responsabilidad con el bien común.

Aunque la aviación no pueda establecer metas de descarbonización total de la actividad a corto o medio plazo (2025 o 2030) porque las tecnologías que las facilitan están aún en desarrollo, y la electrificación (a partir de energías renovables) no es aún posible, al menos para las aeronaves grandes y que recorren largas distancias (para el medio y largo radio), que es donde más emisiones se producen (el 80% de las emisiones de la aviación vienen del largo radio), si puede definir una hoja de ruta ambiciosa de reducción de emisiones coherente con el propio concepto de transición ecológica del Pacto Verde Europeo y de la propia Agenda 2030, así como un objetivo a 2050, según lo marcado por el Tratado de París (ver gráfica 1).

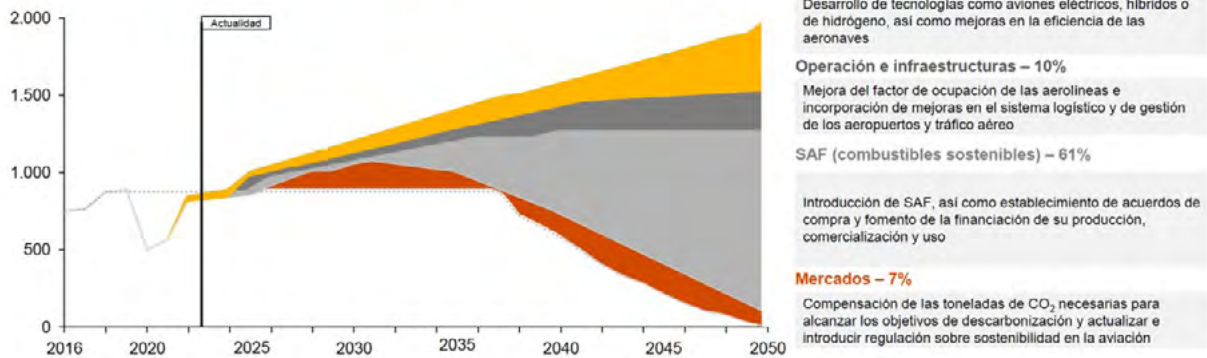
En este sentido, el sector de la aviación, representado por la *International Air Transport Aviation* (IATA) y siguiendo el liderazgo del grupo IAG que había anunciado este mismo compromiso en el año 2019, se comprometió en su 77 Asamblea General, celebrada en octubre de 2021, a cumplir los objetivos del Acuerdo de París de lograr emisiones netas cero en el año 2050, para mantener el aumento de la temperatura media global del Planeta por debajo de 1.5°C y así evitar los efectos más catastróficos del cambio climático (<http://www.iata.org/en/events/agm/anual-general-meeting-2021/>).



Gráfica 1:

Reducción de emisiones de CO₂¹ [Mt]

Fuente: ATAG (Waypoint 2050)



Por otro lado, y vinculado a lo anterior, la estrategia de transición ecológica de la aviación incluye necesariamente otras metas ambiciosas en los ámbitos de lo social y de gobernanza, para hacer que dicha transición sea también justa e inclusiva. Esto es así porque se trata de un sector que crea mucho empleo de calidad, que genera riqueza en los países en los que opera (algunos de ellos, vulnerables y/o en vías de desarrollo) y que es crítico en situaciones de emergencia humanitaria, en las que la ayuda debe llegar de forma rápida y segura.

Por todo ello se puede concluir que el sector de la aviación está comprometido con los objetivos de desarrollo sostenible de la Agenda 2030 y que para ello ha definido una hoja de ruta ambiciosa pero realizable, para descarbonizar la actividad y seguir garantizando el servicio que presta a la sociedad.

3. ESTRATEGIA DE SOSTENIBILIDAD A 2050: EL EJEMPLO DE IBERIA

La lucha por la sostenibilidad representa un esfuerzo transversal en Iberia y en todo el grupo IAG, pionero en el sector al anunciar su compromiso con los objetivos del Acuerdo de París en 2019. Con este fin, Iberia ha reforzado su estrategia de sostenibilidad adaptándola a los retos de este tiempo, cumpliendo con su compromiso de lograr cero emisiones netas en 2050 y, en el corto-medio plazo, desarrollar su actividad de una forma más sostenible. Es importante entender cómo se articula, en medidas concretas, el compromiso de la compañía de reducción de emisiones y de garantía del bienestar de la sociedad. En este sentido, la estrategia se define en **cuatro pilares** fundamentales centrados en la transición ecológica de la actividad mediante medidas que contribuyen a la eficiencia de las operaciones y a la descarbonización de las operaciones, la búsqueda de una experiencia de viaje más sostenible para los clientes, el compromiso con la sostenibilidad de los empleados de Iberia y la medición y puesta en valor de la contribución de la actividad en los lugares en los que opera y a la sociedad en su conjunto.



Iberia opera desde su *hub* de Madrid, en la T4 del aeropuerto de Barajas, conectándolo con Europa, Estados Unidos, algunos destinos de África y Oriente Medio e incluso a Asia. Pero, sobre todo, el *hub* de Madrid une España y Europa con Latinoamérica, su principal mercado. Desde su primer vuelo nacional, de Madrid a Barcelona en 1927, y el primero transatlántico, a Buenos Aires en 1946, Iberia ha operado ininterrumpidamente con América Latina, con el propósito de “*crear prosperidad conectando personas con el mundo*”. Este objetivo se vincula a Agenda 2030, a través del marco de responsabilidad y transparencia en el que Iberia desarrolla su actividad, poniendo especial foco (aunque no exclusivamente) en los siguientes ODS:

- ODS8, trabajo decente y crecimiento económico, a través de iniciativas de desarrollo del talento;
- ODS9, industria, innovación e infraestructura, mejorando las instalaciones y potenciando la digitalización y modernización de los procesos en la empresa;
- ODS10, reducción de las desigualdades, con el desarrollo de la propia actividad, que garantiza su sostenibilidad financiera;
- ODS12, producción y consumo responsables, con las iniciativas de mejora de la gestión de los residuos;
- ODS13, acción por el clima, a través de las medidas de descarbonización de la actividad;
- ODS17, alianzas para lograr los objetivos, tendiendo la mano a la colaboración público-privada y con el tercer sector.

3.1. PILAR AMBIENTAL: POR SU IMPORTANCIA, EL MAYOR DE LOS CUATRO PILARES

La sostenibilidad ambiental constituye probablemente el mayor reto de la estrategia en tanto que depende del desarrollo de tecnologías que están, en gran medida, en desarrollo. No obstante, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de la aviación es posible gracias a tres medidas fundamentales: la inversión en nueva flota, la mejora de la eficiencia de las operaciones, y, muy especialmente, el uso de combustibles sostenibles de aviación, son capaces de reducir las emisiones, según la tecnología empleada, entre un 60 y un 100% (e incluso emisiones negativas), en términos de ciclo de vida.



3.1.1 REDUCCIÓN DE EMISIONES (LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO):

El mayor reto al que se enfrenta la aviación, en términos de emisiones de CO₂, está en su dependencia de los combustibles fósiles y en la limitada disponibilidad, a corto y medio plazo, de una fuente de energía renovable que sustituya al queroseno fósil para la aviación al completo. Conscientes de este gran reto, en el año 2019, el grupo IAG lanzó su estrategia de sostenibilidad *Flightpath Net Zero 2050* (flightpath-net-zero-en-v3.pdf iairgroup.com), a la que siguió, en octubre de 2021, la de IATA, con una serie de objetivos de mitigación a corto, medio y largo plazo para lograr emisiones netas cero en el año 2050, alineándose así con los objetivos marcados por el IPCC para limitar el calentamiento global a 1.5°C. Con tal fin, Iberia se ha marcado una hoja de ruta a corto, medio y largo plazo de descarbonización, como sigue:



a) Renovación de flota y mejora de las operaciones:

En las últimas décadas ha habido grandes avances en la tecnología, y así, las aeronaves actuales son un 80% más eficientes que las que había en los años 60. Iberia ha ido incorporando, desde 2013, aviones de última generación que reducen el consumo de combustible y emisiones de CO₂ hasta en un 35%, según el modelo, y hasta un 50% las emisiones de NO_x. A esto se añaden las iniciativas de eficiencia de combustible, que Iberia desarrolla y monitorea anualmente para optimizar el consumo total de combustible (desde las operaciones que tienen lugar en los aeropuertos, en las fases de vuelo, despegue y aproximación, así como en el carreteo, usando un único motor, o con el uso de la Unidad de Potencia Auxiliar (APU), que proporciona energía para funciones distintas a la propulsión de la aeronave). Además, otras medidas como la digitalización de la prensa a bordo o la documentación del plan de vuelo, ayudan a reducir el peso de la aeronave y a mejorar el plan de vuelo (nivel de altitud más eficiente, maniobras en aeropuertos más eficientes, rutas más directas...).

b) Apuesta por los Combustibles Sostenibles:

Los Combustibles Sostenibles de Aviación (*Sustainable Aviation Fuels*, o SAF) son combustibles producidos a partir de materias primas de origen renovable, bien de origen biológico, bien de origen sintético (*e-fuels*, *power-to-liquid* PtL, o *power-to-jet-fuels*). El principal beneficio ambiental del SAF está en la consideración de su huella de carbono (life cycle assessment, LCA), que puede llegar a ser hasta un 100% menor que la de los combustibles tradicionales (o incluso generar emisiones negativas, en el caso de la tecnología PtL), lo que supone una reducción significativa (o total, e incluso mayor de la generada durante el vuelo) de las emisiones de CO₂, en términos de ciclo de vida.

El paquete europeo *Fit for 55* vinculado al Pacto Verde de transición de la economía a una más justa y sostenible (<http://www.consilium.europa.eu/es/politicas/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>), incluye, entre otras normas, el Reglamento (UE) 2023/2405, de 18 de octubre



de 2023 ([http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BR\(2022\)698900](http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BR(2022)698900)), que fija los porcentajes de producción creciente de SAF (incluyendo los sintéticos), desde 2025 hasta 2050, y la Directiva (UE) 2023/2413, de 18 de octubre de 2023 (<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2023-81530>), que establece criterios y controles de sostenibilidad para el SAF aún más rigurosos que las directivas precedentes. La estrategia ambiental de IAG contempla el fomento del uso de estos combustibles dentro del grupo, con el compromiso de utilizarlos en el 10% de sus vuelos en el año 2030, lo que supone una mayor exigencia de uso de SAF que la establecida por la Refuel EU.

Pero el SAF no es sólo un elemento clave para la descarbonización de la aviación. También en España podría suponer una oportunidad única de desarrollo de una nueva industria de transición ecológica que, además de reducir las emisiones de un sector que presta un servicio esencial y estratégico, genere riqueza y cohesión social y territorial. En efecto, tal y como se demuestra en el informe elaborado por PWC, el impulso del mercado de producción de SAF en España podría aprovechar la amplia disponibilidad de materias primas aptas su producción y la capacidad instalada de energías renovables, para generar nuevos empleos de calidad que podrían desarrollarse en zonas rurales en beneficio de la cohesión territorial, siguiendo un modelo de desarrollo más acorde con los exigidos por el Pacto Verde europeo de transición ecológica y justa, y contribuyendo también a la seguridad energética de España y de la propia Unión Europea. Los detalles del estudio se verán en el punto 4 que se explica más adelante.

c) Operaciones tierra más eficientes:

Desde 2019, toda la energía eléctrica que se consume en las instalaciones propiedad de Iberia procede de fuentes 100% renovables. Además, se ha construido la mayor planta de autoconsumo en techo de entre las empresas o grupos del Ibex 35, con el objetivo de generar 80 millones de kilovatios/hora (el equivalente al consumo de 800 hogares) y está ahora construyéndose una nueva fase, con una producción que superará los 4 millones de kwh, equivalente al consumo de 1.200 hogares. Además, el *handling* operado por *Iberia Airport Services*, apuesta por la electrificación de los equipos-tierra y por el uso de combustibles sostenibles HVO.

3.1.2 ECONOMÍA CIRCULAR:

Otro de los retos medioambientales de la aviación es el de la gestión de los residuos generados durante el vuelo y en tierra, sobre todo en el negocio de Iberia Mantenimiento, en el complejo de instalaciones de La Muñoza.

Los residuos generados en los vuelos europeos se gestionan mucho más eficaz y eficientemente que los internacionales (de fuera de la UE). La normativa internacional no permite el reciclaje de los residuos de categoría 1 (considerados peligrosos) o que hayan estado en contacto con dichos residuos por lo que acaban en vertederos y siendo, en su mayoría, incinerados (Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular: <http://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-5809>). En 2016, Iberia puso en marcha el proyecto *Zero Cabin Waste* para la creación de un modelo de gestión sostenible de los residuos generados a bordo, tanto en vuelos nacionales como internacionales. El proyecto permitió reciclar una parte de los residuos generados en los vuelos internacionales, evidenciando que la mejora en la gestión de los residuos de la aviación es perfectamente realizable y que sólo depende de la actualización de la normativa internacional sobre la materia.



Realizar una correcta gestión de los residuos de aviación es posible, tal y como se demuestra con la experiencia europea y es, además, una oportunidad vinculada al desarrollo de SAF, imprescindible para la descarbonización de la aviación. A la reducción en la generación de residuos y su debida gestión posterior, podría añadirse la reutilización de lo sobrante (residuos no reciclables) para producción de SAF, contribuyendo con ello a la sostenibilidad ambiental del sector en una mayor dimensión y a la cohesión social y territorial de España.

3.2 PILAR CLIENTES: UNA EXPERIENCIA DE VIAJE MÁS SOSTENIBLE

Los clientes están más y mejor informados y exigen a las empresas ambición en su apuesta por la sostenibilidad. En este sentido, las principales acciones desarrolladas en el último año por Iberia incluyen la reducción de los plásticos, la reutilización o reciclaje de los materiales utilizados, la reducción de los desperdicios y del peso a bordo de los aviones, o el desarrollo de una calculadora de CO2 para que los clientes puedan calcular la huella de carbono de su viaje.

3.3 PILAR EMPLEADOS: LA IMPORTANCIA DE LA COLABORACIÓN INTERNA

La sostenibilidad debe ser transversal a todas las áreas de negocio y coherente con lo que se comunica al exterior. Es muy importante incluir iniciativas de formación y sensibilización en materia de sostenibilidad para los empleados de la compañía, pues estos son los verdaderos embajadores de la marca, los que bajan a la realidad las iniciativas que se recogen en la estrategia y las dan a conocer a todos los clientes.

3.4 PILAR DE IMPACTO SOCIAL: COMPROMISO CON LA SOCIEDAD

Desde siempre, Iberia se ha comprometido con el bienestar de las comunidades en las que desarrolla su actividad, dirigiendo sus esfuerzos al apoyo a la infancia desfavorecida, la salud infantil, la integración de las personas en riesgo de exclusión, o la asistencia en situaciones de emergencia humanitaria. En este sentido, colabora con varias ONG, como Mano a Mano, la Fundación Sepla Ayuda, Aviación sin fronteras, Unicef y Envera, creada por los propios empleados de la compañía.

La importancia de la aviación y el beneficio que su actividad supone para el bienestar de la sociedad se demostró claramente durante la crisis de la Covid-19, con el traslado de materiales médicos y de emergencia, los vuelos de repatriación, el transporte de vacunas o también, para transportar material de emergencia y asistencia médica, como ocurrió durante la erupción del volcán Cumbre Vieja de La Palma, o con el transporte de órganos para trasplantes, o el traslado de niños desde países en transición para ser tratados médicamente en España.

Para poder mejorar su compromiso con la sociedad, Iberia está desarrollando un proyecto de medición del impacto ambiental, social y económico de sus rutas en sus distintos grupos de interés, para comprender y mejorar los efectos de las operaciones más allá de lo puramente económico y financiero. En este sentido, se ha medido ya el impacto de las rutas a Buenos Aires, Lima, Bogotá, México y Miami, valorando aspectos tales como la generación de riqueza (aportación al PIB turístico), creación de empleo, desarrollo de los proveedores locales, alianzas con organizaciones locales, eficiencia de la ruta frente a competidores, etc.), con la intención de poder calcular el de cualquier ruta en un futuro cercano.



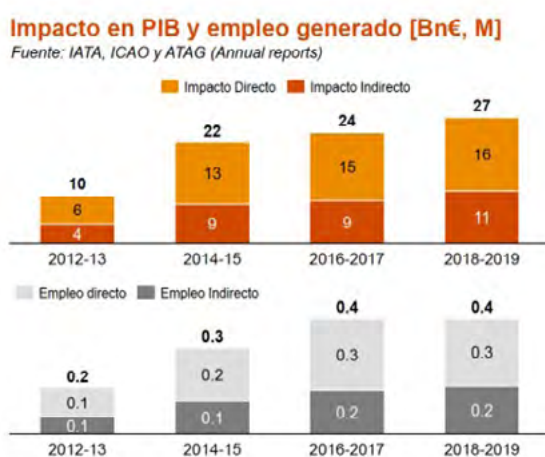
En el refuerzo de la estrategia de sostenibilidad se ha añadido una línea de trabajo al pilar de impacto social conectada con la creación de la Cátedra Iberia, a través de la cual se están desarrollando proyectos de investigación, tanto para encontrar soluciones para los retos ambientales, como de comprensión de los sociales, para mejorar la aportación y valoración del servicio prestado por Iberia no sólo a sus clientes, sino a toda la sociedad.

En definitiva, la estrategia de sostenibilidad de Iberia incluye los aspectos ambientales que definen la hoja de ruta de su transición ecológica, incluyendo además los sociales que se preocupan porque la misma sea, además, justa. En este sentido, la industria de SAF, que sirve a la descarbonización del sector de aviación de manera destacada, se vincula directamente con los aspectos sociales de esa transición en tanto que supone una oportunidad, como se verá a continuación, de cohesión social y territorial de interés general, como proyecto país, para España.

4. EL INFORME: ESTUDIO SOBRE LOS IMPACTOS LIGADOS A LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA EN EL SECTOR DE LA AVIACIÓN.

En junio de 2023, PWC elaboró un informe para Iberia y Vueling en el que demostró que el SAF representa una oportunidad para España para crear una nueva industria coherente con los principios de transición ecológica justa del Pacto Verde europeo, que sirva para favorecer la descarbonización del sector del transporte, en particular, el de la aviación, creando, al mismo tiempo, cohesión social y territorial con empleos de calidad en las zonas rurales y menos pobladas de nuestro territorio (ver gráfica 2). Esto es así porque la nueva industria de SAF permite sustituir los combustibles fósiles por otros de origen biológico, en una primera fase, y sintéticos posteriormente -si bien, todo ello dentro del marco temporal del Acuerdo de París-. Combinados estos combustibles de origen no fósil con la energía renovable que España ya genera y que puede multiplicar en los próximos años, se logra producir SAF y otros hidrocarburos de origen renovable (biodiesel, biogasolina, nafta o gas licuado del petróleo (GLP), para otros medios de transporte e industrias que precisen de estos combustibles para su transición ecológica.

Gráfica 2:



Principales magnitudes 2019



Se han contabilizado **942.400 vuelos** comerciales



En un total de **24 aerolíneas** comerciales



Los RPK (Revenue Passenger Kilometer) en el ámbito internacional han sumado un total de **121 Billones de km**



135 Millones de pasajeros han usado servicios aéreos durante el año 2019



Se han emitido **18,5 Millones de toneladas** de CO₂ a la atmósfera



Con un consumo total de **7,2 Millones de litros** de combustible



El estudio demuestra que la transición ecológica y justa de la aviación es posible y que, además, supone una oportunidad histórica para España (que no debería desaprovechar) de crear una nueva industria que apenas está empezando ahora a desarrollarse en el mundo. El desarrollo de esta industria es además clave para la descarbonización de la aviación y, por lo tanto, sirve para garantizar la buena salud y la sostenibilidad (ambiental, social y económica) de la importante industria del turismo (dependiente de la aviación) y que en España representa alrededor del 12% del PIB (INE, 2022) y alrededor del 14% del empleo (Coll Morales, F., 2022).

4.1 OBJETIVO Y METODOLOGÍA DEL INFORME

El informe demuestra que es posible crear una industria de SAF en España que sea líder en Europa. Analiza, de manera cuantitativa, el potencial que el desarrollo de esa nueva industria de SAF tendría en España en términos de cohesión social y territorial, creando empleo y riqueza en el país. Para ello, el informe a) explica el contexto del sector de la aviación y describe las medidas necesarias para su descarbonización; b) detalla las tecnologías alternativas al combustible fósil tradicional (queroseno de aviación Jet A1), SAF, electrificación e hidrógeno verde, que podrían desarrollarse en cada región, en función de los recursos disponibles; c) mide el impacto en la reducción de las emisiones de CO₂ y otras partículas nocivas para el medioambiente generadas por la aviación (*non-CO₂ emissions*); d) analiza la cadena productiva de los distintos tipos de SAF, desde la obtención de la materia prima hasta su distribución, pasando por el proceso de cada uno de ellos, y e) valora el impacto ambiental y social que tendría la inversión en plantas e infraestructuras de producción de SAF, en todo el territorio.

Como el contexto general y las medidas necesarias para lograr la descarbonización de la aviación en 2050 ya se han explicado en los puntos anteriores, en la parte del análisis del informe nos centraremos en exponer y describir los impactos ligados a la transición ecológica de la aviación a través del potencial de producción de SAF de España. El informe demuestra que las condiciones geográficas, la disponibilidad de materias primas y de recursos energéticos de nuestro país, permitiría impulsar una nueva industria que no solo ayudaría a la descarbonización de un sector tan importante como el de la aviación, sino que, además, crearía empleo y riqueza, además de dotar de independencia energética y de recursos a España y a Europa, en la nueva economía descarbonizada.

Lo que demuestra el informe es que, si España fuera capaz de tener en funcionamiento, de aquí a 2050, entre 30 y 40 plantas de producción para cubrir la demanda nacional de aproximadamente 5 millones de toneladas de combustible sostenible de aviación, se generarían unos 270.000 empleos, muchos de ellos en la España vaciada, las zonas rurales y más despobladas del territorio nacional, y alrededor de 56.000 millones de euros de aportación al PIB. Toda una oportunidad para nuestro país de transición ecológica justa.

4.2 CAPACIDAD POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE SAF EN ESPAÑA

Las tecnologías para la producción de SAF son, fundamentalmente, cuatro, tres de ellas de origen biológico (HEFA, Fischer-Tropsch, Alcohol-to-Jet) y una de origen sintético (Power-to-Liquids), no considerado “bio” al fabricarse a partir de H2 renovable y CO2 (y no a partir de residuos) (gráfica 3).

Gráfica 3:

Resumen de las características de los SAF

	Origen	Madurez tecnológica	% de mezcla	LCA (g CO _{2e} /MJ)	Reducción emisiones (%)	Coste de producción (€/ton)	TRL ¹	
↑ Biocombustibles ↓ Comb. Sintéticos	1 HEFA	Aceites (residuos vegetales)	Es la vía más madura actualmente y ha probado ser una tecnología segura y escalable. Abarca el total de la producción actual de SAF	50%	13 - 57	35 - 85%	1.375	8 - 9
	2 FT	Biomasa (residuos agrícolas, forestales, municipales)	Es la vía con mayor desarrollo después de los HEFA , con algunas plantas de prueba en operación	50%	5 - 13	85 - 95%	2.050	7 - 8
	3 AtJ	Residuos agrícolas, forestales, azúcar, maíz	Es una tecnología certificada más reciente y todavía no está siendo comercializada	50%	26-53	40 - 70 %	2.450	6 - 7
	4 PtL	CO ₂ + H ₂	Se encuentra en estado de desarrollo , con resultados que muestran que esta tecnología funciona, pero con necesidad de mejora	50%	0 - 10	89 - 100 %	3.500	1 - 2

¹ El Technology Readiness Level (TRL) mide la madurez de los sistemas de producción en una escala del 1 (ideas básicas) al 9 (sistema actual, probado y en funcionamiento)

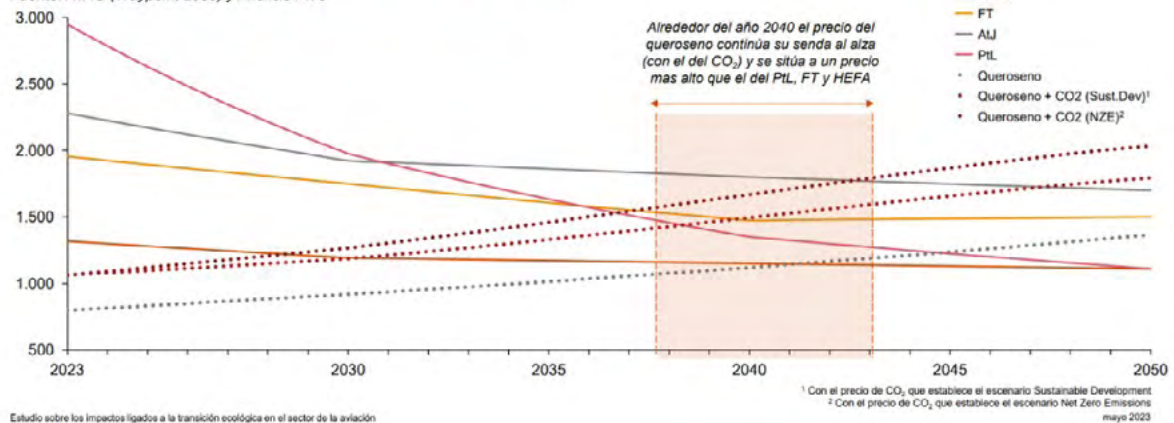
A partir de 2035, se espera que los aviones propulsados por H2 (como combustible) y los aviones eléctricos, sean una alternativa viable para vuelos de corta y media distancia. Sin embargo, los vuelos de largo radio, que es donde se generan más del 80% de las emisiones de la aviación, seguirán necesitando SAF más allá del plazo marcado por el Acuerdo de París para la transición ecológica con el límite del 1.5°C.

Lo interesante del SAF es que a) puede usarse sin necesidad de transformar el diseño de las aeronaves, ni la infraestructura del aeropuerto (es tecnología “drop-in”), y b) su precio irá bajando a medida que vayan desarrollándose las distintas tecnologías y su disponibilidad en el mercado aumente (gráficas 4 y 5).

Gráficas 4 y 5:

Precios por tecnología SAF y queroseno [€/t]

Fuente: ATAG (Waypoint 2050) y Análisis PwC



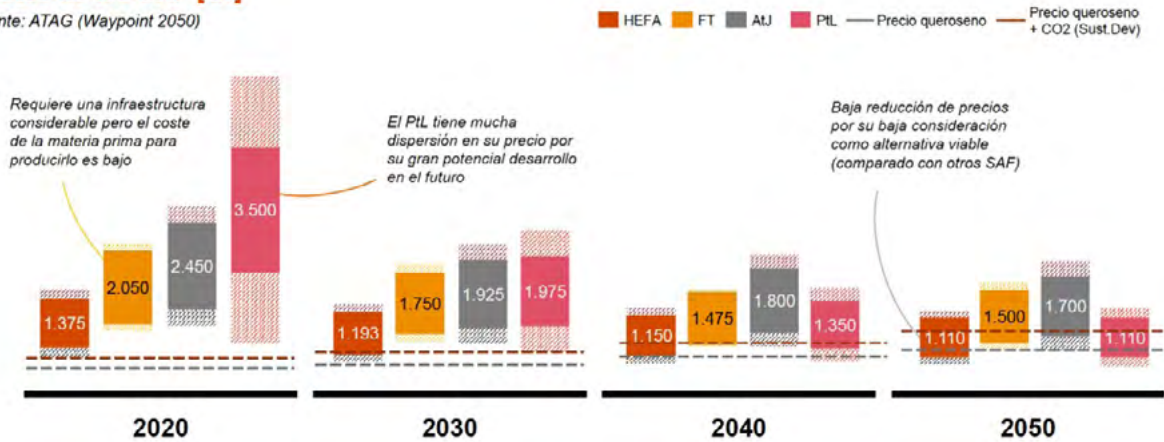
Estudio sobre los impactos ligados a la transición ecológica en el sector de la aviación

¹ Con el precio de CO₂ que establece el escenario Sustainable Development
² Con el precio de CO₂ que establece el escenario Net Zero Emissions mayo 2023



Costes de los SAF [€/t]

Fuente: ATAG (Waypoint 2050)



La economía de la España vaciada, o rural, basada en la agricultura y la ganadería, y la necesidad de mejorar la gestión de los bosques para prevenir incendios (Miteco, 2022), sin menoscabo de la natural regeneración de los suelos, pueden beneficiarse de la nueva industria de SAF (gráfica 6), con la valorización de los residuos y contribuyendo al sistema de economía circular.

Gráfica 6:

La oportunidad de España para la producción de SAF

Descarbonización del sector

La descarbonización del sector de la aviación es todo un reto dado el prematuro estado de tecnologías como el uso del hidrógeno o de aeronaves eléctricas

Gestión de residuos

España tiene un gran problema de gestión de residuos, que incluso ha dado lugar a sanciones por incumplimiento

Potencial de H2

Gracias a su gran capacidad de acceso a renovables, España se posicionará como HUB productor de H₂ renovable de bajo coste

Normativa

La normativa nacional e internacional marcan el objetivo de descarbonización en la aviación y España ha adquirido el compromiso de reducir emisiones en línea con los objetivos a 2050



Permite el aprovechamiento de los residuos más contaminantes, fomentando una mejor gestión y circularidad de los mismos



Con el uso de materias primas sostenibles se consiguen reducciones de CO₂ de hasta un 95% (LCA)



El H₂ es una de las principales materias primas que se emplean para la producción de SAF



La producción de SAF, además, está en línea con la agenda de recuperación económica, con especial impacto en la España vaciada, como oportunidad para su desarrollo económico y social

a) Demanda de SAF:

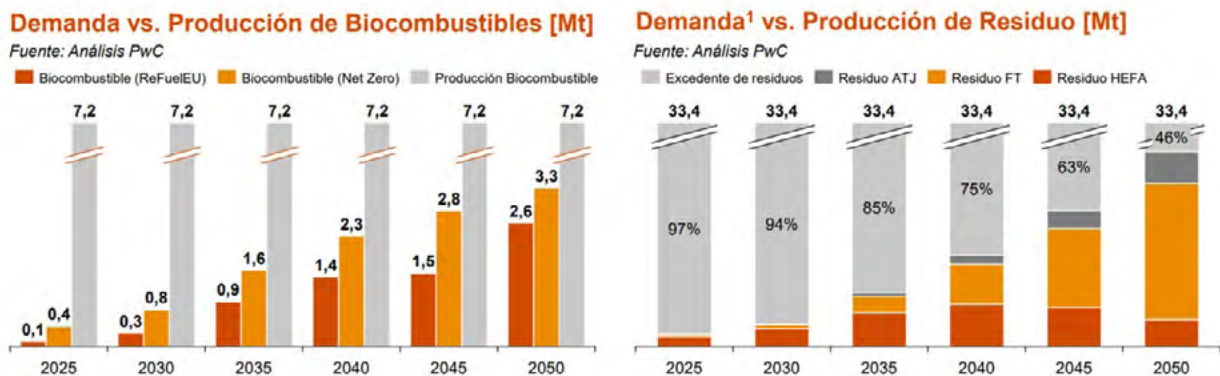
Teniendo en cuenta las tasas de crecimiento del sector de la aviación hasta 2050, el informe estima que en este año la demanda de biocombustibles rozará los 3,3 millones de toneladas y 2,6 millones de toneladas en el caso de los combustibles sintéticos o e-fuels. Este combustible avanzado será prioritario cuando madure tecnológicamente la producción de H₂ renovable, que, según la UE, ocurrirá entre 2030 y 2050 (DOUE, 2021)). En efecto, la tecnología HEFA será la más utilizada hasta 2030, momento en que el PtL empezará a tener gran penetración en el mercado (Eurocontrol, 2022), siendo la alternativa de SAF más viable en el largo plazo por no depender de la disponibilidad de recursos biológicos para su producción.

b) Producción de SAF:

Según los informes de Sedigas (2023), Transport & Environment (2020) y Ecologistas en Acción (2022), en España podrían generarse 33 millones de residuos anuales de origen biológico, que podrían ser utilizados como materia prima para la producción de SAF. La capacidad de producción de SAF de origen biológico depende de la potencia de los sectores agrícola, agroalimentaria, la superficie forestal y la población de cada región. Por ello, Andalucía es, según el estudio, la comunidad autónoma con mayor capacidad de producción, situándose así a la cabeza de este ranking con casi el 27% del total a nivel nacional, principalmente por su gran actividad agrícola.

Con la información técnica disponible sobre las diferentes vías de **producción de biocombustibles** (S de Jong et al., 2015) y IEA Bioenergy, principalmente aceites y grasas, residuos agrícolas, forestales y residuos urbanos, y las ratios de conversión de materia prima a SAF, se estima que, contando únicamente con estos residuos disponibles, se podrían llegar a producir más de 7 millones de toneladas de SAF, principalmente de los tipos FT y AtJ. Esto, por tanto, queda bastante por encima de la demanda previamente estimada de 3Mt en España para 2050, por lo que sería incluso viable plantear la posibilidad de exportar SAF de origen biológico al resto de la Unión Europea (gráfica 7).

Gráfica 7:

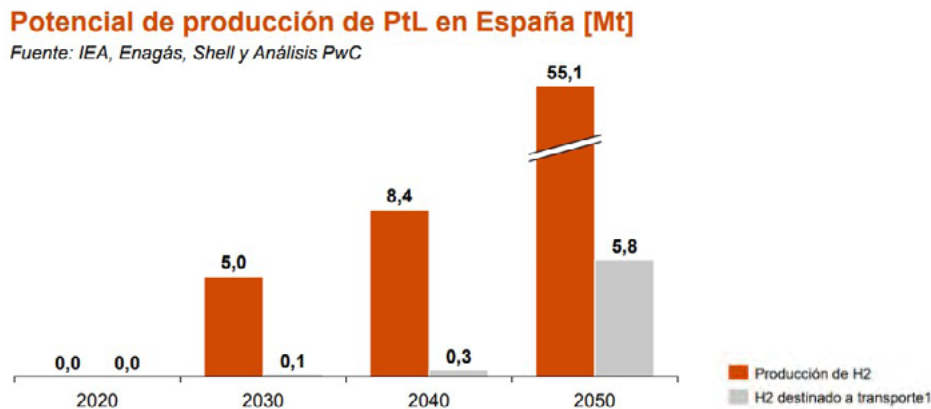


No obstante, se debe destacar que la cifra indicada de la producción potencial de SAF se corresponde con el máximo accesible de cada tipo de recurso, es decir, no se ha tenido en cuenta en este estudio otros usos alternativos a los que podrían dedicarse estos residuos, y con los que deberá competir el SAF, tanto para usos energéticos (biogás, incineración, co-procesamiento, otros combustibles), para el cumplimiento de la regulación sobre economía circular (reutilizar y reciclar), o como materias primas para otras aplicaciones (industria química, reutilización en industria ganadera o agrícola). Por supuesto, el potencial disponible de los residuos aptos para producción de combustibles alternativos dependerá de la normativa aplicable en el ámbito del aprovechamiento de residuos y de las limitaciones de ciertas materias primas en usos energéticos. En todo caso, entidades como la *Energy Transition Commission* (ETC, 2023), la *International Energy Agency* (IEA), o el *World Economic Forum* (WEF, 2020), priorizan el sector de la aviación, por tratarse de una actividad de difícil descarbonización.



Por otro lado, con respecto a la **producción de los e-fuel**, España tiene una gran posición competitiva si comparamos con el resto de los países de la UE (gráfica 8). Los e-fuel, o PtL, utilizan CO₂ capturado de la atmósfera o de un proceso industrial, junto con H₂ renovable para producir SAF sintético mediante el proceso de gasificación FT1. Esta tecnología permite una reducción de emisiones de hasta el 100% e incluso negativas, en caso de utilizar mayor absorción de CO₂ que el emitido originalmente.

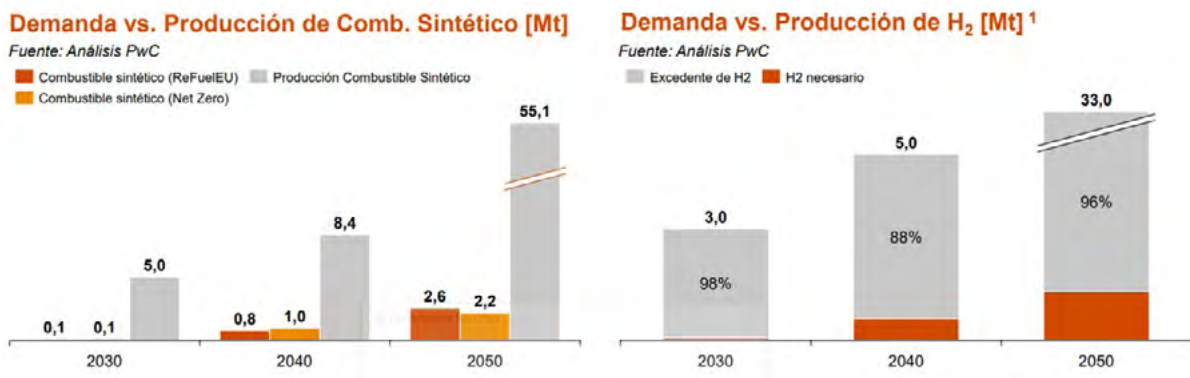
Gráfica 8:



Según estimaciones de la IEA (IEA, 2023) y de Enagás (Enagás, 2021), la producción de hidrógeno verde en España puede llegar a los 33 millones de toneladas en el año 2050. Teniendo en cuenta que por cada tonelada de hidrógeno renovable producido en España se podrían obtener 1,67 toneladas de PtL, esto se traduce en un **potencial de 55,1 Mt de combustible sintético del que se estima que unas 6 Mt se destinen a la producción de SAF**. Como se puede ver, de igual manera que ocurre en el caso de los biocombustibles, la capacidad de producción considerada es bastante superior a la demanda nacional para el año 2050.

Si analizamos la demanda y la producción de H₂, se puede ver como **solo el 4% de la producción de H₂ sería necesaria para cubrir la demanda nacional**, lo que supone que España se sitúa como un territorio idóneo para la producción de combustible sintético (PtL) no sólo para el consumo nacional, sino como *hub* de referencia para la producción y exportación de este tipo de combustible (gráfica 9).

Gráfica 9:



4.3 INFRAESTRUCTURAS NECESARIAS DE PRODUCCIÓN DE SAF

Una vez analizado el potencial de producción de SAF en España, lo siguiente es saber cuántas plantas de producción serían necesarias para producir las cantidades estimadas en los puntos anteriores.

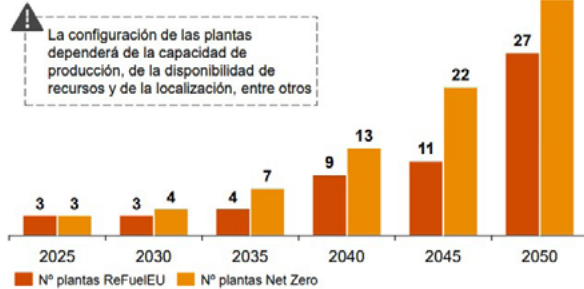
En el caso de **los biocombustibles** (gráfica 10), asumiendo una capacidad media de 767kt/año por planta en el caso de los HEFA, de 168kt/año para FT y de 99kt/año para AtJ, se estima que serán necesarias entre 27 y 35 plantas para cubrir las necesidades del mandato RefuelEU y para el objetivo net zero, respectivamente.

Por otro lado, para el caso de **los e-fuel** (gráfica 11), se estima que únicamente cinco plantas serán necesarias para cubrir estas necesidades, a partir de la estimación de una capacidad media de producción de 500kt/año ([German Environment Agency, 2022](#)).

Gráficas 10 y 11:

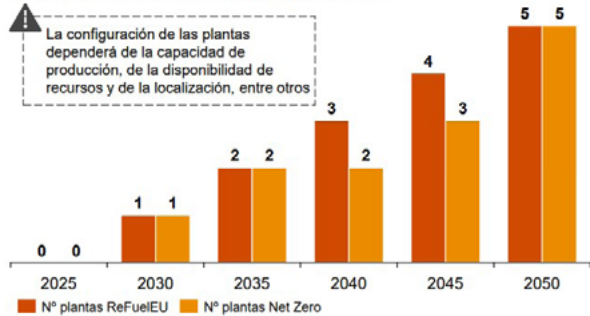
Nº plantas de producción de Biocombustibles

Fuente: S de Jong et al. (The Feasibility of Short-term Production Strategies for Renewable Jet Fuels) y Análisis PwC



Nº plantas de producción de Comb. Sintético

Fuente: German Environment Agency y Análisis PwC



4.4 IMPACTO SOCIOECONÓMICO DEL DESARROLLO DE SAF EN ESPAÑA

El informe analiza el impacto social de la producción de SAF en España, principalmente a través de la contribución al PIB y al empleo que tendría la construcción y operativa de las plantas que se estima serían necesarias para dicha producción. La metodología del cálculo de estos impactos sigue las siguientes hipótesis:

4.4.1 EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN:

- Mismo coste real de la inversión realizada (en precios de 2025 por ser el año previsto de inicio de la inversión) en la construcción de las plantas de SAF para todo el horizonte temporal, lo que supone que el efecto en empleo se mantiene en el tiempo.
- Se considera que el efecto en la economía es constante por no contar con proyecciones de costes o mejoras en la eficiencia en la construcción de las plantas de producción;
- Se asume un coste diferente de construcción para cada una de las plantas;
- Se ha utilizado la metodología Input-Output para obtener los resultados en trabajo y PIB.



4.4.2 EN LA FASE DE OPERACIÓN:

- Al no haber datos fidedignos y ajustados de la estructura de OPEX y CAPEX de las plantas de SAF se ha optado por estimar el impacto en PIB y empleo a través de los ingresos de la empresa;
- Al no existir un sector homologable a la producción de SAF en las matrices Input-Output se ha realizado una aproximación económica del sector de actividad de la producción y consumo de SAF en la economía española;
- Al contar con una proyección de los ingresos de las plantas se ha estimado el efecto diferenciando por año y tipo de producción de SAF.
- A partir de esa estructura temporal, se han deflactado los empleos generados para no sobreestimar la generación de empleo directo, indirecto e inducido de las plantas de producción de SAF;
- A su vez, el cálculo de los impactos se ha realizado en función del tipo de planta de producción de SAF ya que, al presentar unas capacidades de producción y estructura de costes e ingresos diferentes, los impactos son diferentes:
 - » HEFA; Se toma una capacidad media de 767 kt/año y una inversión inicial de 657m€;
 - » FT; Se toma una capacidad media de 168kt/año y una inversión inicial de 471m€;
 - » AtJ; Se toma una capacidad media de 99kt/año y una inversión inicial de 48m€;
 - » PtL; Se toma una capacidad media de 500kt/año y una inversión inicial de 2833m€.

La estimación del **impacto en PIB** durante la fase de construcción según estas hipótesis previas de capacidad e inversión arroja unos resultados por cada tipo de SAF: HEFA; 393m€ FT; 282m€ AtJ; 28m€ PtL; 1678m€. De este modo, y a partir de la cantidad de plantas necesarias según el análisis previo, para cubrir la demanda hasta 2050, **se obtiene un resultado de unos 13 305m€ de impacto en el PIB, donde un 62% corresponde al impacto directo generado por la construcción de estas.** Esto significa que **por cada euro invertido se llega a generar 1,60€ de impacto en PIB**, destacando el efecto causado por la construcción de las plantas de PtL cuyas inversiones iniciales son sustancialmente superiores a las inversiones de las otras tecnologías dada la novedad de los procesos de producción de H2 renovable y captura de CO2.

El **empleo generado** (directo, indirecto e inducido), también se analiza en función de cada tipo de planta de SAF, puesto que la necesidad de recursos difiere entre los distintos tipos de tecnologías. Según esto:

- Los resultados obtenidos suponen que **la generación de empleo para la fase de construcción puede llegar a los 251 340 empleos desde el periodo 2025 al 2050**, lo que supone que **por cada millón de euros invertidos se generan 11 empleos a tiempo completo para la construcción de una planta.** Particularmente relevante es la generación de empleo para la construcción de las plantas PtL, que pueden llegar a emplear a 68 000 trabajadores;
- **La fase de operación de las plantas de producción de SAF**, considerando únicamente los ingresos por la venta de SAF para cubrir la demanda nacional y excluyendo el resto de los subproductos, la operación de las plantas, ya en funcionamiento, se estima que pueden tener un **impacto en el PIB que será creciente** ya que, a medida que pasen los años, habrá más plantas para poder responder a la demanda total de SAF, yendo **desde los 297m€ en 2030 hasta los 4 218m€ en 2050.** Destaca de igual modo la tecnología PtL que **representa casi el 50% del total estimado.**



- La **fase de operación de las plantas de PtL**, a pesar de ser más intensivas en generación de PIB, requieren de un menor número de empleados por tratarse de una tecnología menos dependiente de la mano de obra dedicada. Por ejemplo, para una planta HEFA se estima necesarios (directo e indirecto) un total de 1 597 FTEs, mientras que en una PtL llegaría hasta los 600 FTEs.
- A nivel nacional, las **plantas de biocombustibles podrían generar un mayor número de empleos en la fase de operación** por la considerable actividad económica en la industria de la producción y procesado de la materia prima, yendo **desde los 3 190 en 2030 hasta los 19 702 en el año 2050**, siendo la tecnología AtJ la más intensiva en mano de obra.

En definitiva, el **impacto acumulado a nivel de PIB sería de 13 300 M€ y 43 000 M€ para las fases de construcción y operación, respectivamente**, entre los años 2025 y 2050 gracias al desarrollo de un **total de 32 plantas**, y en el caso del empleo, sería de **251 340 para la fase de construcción y de 19 703 durante la fase de operación**

5. CONCLUSIONES

El reto de descarbonización en el tiempo marcado por el Pacto Europeo genera necesidades para las empresas de aviación, pero también importantes oportunidades para el sector y empresas vinculadas, como para España y la sociedad en su conjunto.

En relación con las **necesidades** que el reto genera:

- El sector de la aviación es responsable de entre el 2 y 3% de las emisiones globales de CO₂ ya que consume unos 332 millones de litros de combustible de origen fósil.
- Frente a la fuerte recuperación de la demanda de vuelos internacionales, llegando a subidas del +4% anual, y, por lo tanto, al incremento previsto de las emisiones de CO₂, las compañías aéreas se comprometen a afrontar los retos de transición ecológica a los que deben hacer frente para lograr la descarbonización del sector.
- En consonancia con este compromiso, el sector está centrando sus esfuerzos en desarrollar medidas que permitan reducir el impacto sobre la huella de carbono de su actividad económica, incluyendo las relacionadas con la optimización de los vuelos, la eficiencia energética o la introducción de nuevas tecnologías.
- Entre estas medidas, destaca la incipiente introducción de los combustibles SAF, que no solo se posiciona como la solución con mayor impacto en la reducción de emisiones, sino que tiene claro que es la única viable a día de hoy para dar un paso sustancial en la descarbonización del sector y en la consecución de los objetivos Net Zero a 2050.
- Sin embargo, la introducción de los combustibles SAF supone un reto de gran envergadura a nivel tecnológico, económico, de garantía de suministro, regulatorio, etc. Por ello, sin una acción concertada del sector y los agentes que conforman la cadena de valor, así como por parte de las administraciones públicas, no resultará en una solución viable y, por lo tanto, no se cumplirán con los objetivos marcados por el Acuerdo de París y la normativa europea y nacional.



En relación con la **oportunidad**:

- La tecnología SAF ya es una realidad y existen numerosos proyectos en marcha en todo el mundo para la producción de este tipo de combustibles.
- A pesar de que los costes asociados al despliegue y penetración de esta tecnología todavía son difíciles de asumir, las directivas y obligaciones internacionales (véase las últimas novedades del ReFuelEU Aviation o la extensión del precio del carbono) van a impulsar su producción a partir del 2025.
- Si las compañías aéreas españolas (y las internacionales) quieren impulsar también esta migración, esencial para poder contar con un modelo de aviación más sostenible, cumpliendo con las directivas establecidas, deberán incorporar el consumo de combustibles SAF en el corto plazo, generando así una demanda estimada de 49 millones de toneladas de combustible entre el 2025 y el 2050.
- La creciente demanda de SAF constituye, por otro lado, una importante oportunidad económica a la hora de desarrollar una industria dedicada a su producción. Prueba de ello es el crecimiento significativo de proyectos en marcha para este propósito.
- El éxito de esta industria, sin embargo, se encontrará principalmente en aquellos territorios que sean capaces de (i) disponer de la materia prima necesaria para su producción, (ii) disponer de las capacidades industriales necesarias para desarrollar esta actividad, (iii) garantizar la colaboración entre las empresas del sector y los gobiernos y (iv) desarrollar aquellas medidas que faciliten la viabilidad de este tipo de proyectos (medidas económicas, regulatorias, técnicas...).

A partir de todo lo anterior:

- **España cuenta con una amplia disponibilidad del tipo de materia prima que es apta para la producción de biocombustibles y de combustibles sintéticos.** Además, las principales estrategias europeas mencionan la situación privilegiada de España y, por lo tanto, su oportunidad para ser un referente en:
 - » El aprovechamiento y revalorización de los residuos para usos energéticos como los biocombustibles
 - » La producción de hidrógeno renovable gracias al recurso solar y acceso a energía renovable de bajo coste
- Teniendo en cuenta este potencial y las obligaciones en términos de descarbonización del sector, parece obvio que **existe una oportunidad a la hora de crear una importante industria de producción de SAF en el territorio nacional.**
- El fomento de esta industria conllevaría una serie de **impactos asociados** que se resumen en:
 - » Impacto en **PIB y empleo** a nivel directo, indirecto e inducido. Descarbonización del sector de la aviación cumpliendo con la normativa europea e internacional.
 - » **Valorización de residuos**, en particular de residuos agrarios y otros biorresiduos, e impulso a la economía circular.
 - » **Posicionamiento de España** como referente en la producción de SAF.



- » Oportunidad de producir SAF para el consumo nacional pero también **potencial para ser exportador** de este combustible.
- » **Independencia energética** de otros territorios en el ámbito del transporte aéreo (y otros sectores que pudieran asimismo aprovechar la inversión en este tipo de plantas de producción de combustibles sostenibles).



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Coll Morales, Francisco (25 mayo 2022). *Sector Turístico. El turismo: un sector vital para España*: Hosteltur, 2022.
2. Diario Oficial de la Unión Europea (19 de mayo de 2021). *Estrategia Europea para el Hidrógeno. Resolución del Parlamento Europeo de 19 de mayo de 2021, sobre una estrategia europea para el hidrógeno (2020/2242(INI)), (2022/C15/06)*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021IP0241>.
3. Ecologistas en Acción (enero 2022). *Los biocombustibles para aviación en el Estado español*. <https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/2022/01/informe-biocombustibles-aviacion.pdf>
4. Enagás (15 junio 2021). *La futura red europea dispondrá de suficiente hidrógeno*. https://www.enagas.es/es/sala-comunicacion/actualidad/notas-prensa/15_06_2021_np_estudio_ehb/
5. Energy Transitions Commission (Novembre 2023). *Fossil Fuels in Transition: Committing to the phase-down of all fossil fuels*. <https://www.energy-transitions.org/publications/fossil-fuels-in-transition>
6. Eurocontrol (23 de mayo de 2022). *Objective Skygreen 2022-2030. The economics of aviation decarbonization towards the 2030 Green Deal Milestone*. <file:///C:/Users/tparejon/Downloads/eurocontrol-objective-skygreen-2022-2030-report-20220523.pdf>
7. Hodson, Mike & Marvin, Simon. (2017). Intensifying or transforming sustainable cities? Fragmented logics of urban environmentalism. *Local Environment*. 22. 10.1080/13549839.2017.1306498.
8. International Energy Agency (2032). *Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach*. <https://www.iea.org/reports/hydrogen-2156>
9. International Energy Agency. *Aviation*. <https://www.iea.org/energy-system/transport/aviation>
10. de Jong, Sierk & Hoefnagels, Ric & Faaij, A.P.C. & Slade, Raphael & Mawhood, Becky & Junginger, Martin. (2015). *The feasibility of short-term production strategies for renewable jet fuels - a comprehensive techno-economic comparison*. *Biofuels Bioproducts and Biorefining*. Advance Online Publication. 10.1002/bbb.1613. https://www.researchgate.net/publication/283321987_The_feasibility_of_short-term_production_strategies_for_renewable_jet_fuels_-_a_comprehensive techno-economic_comparison
11. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Consejo de Ministros, 20 diciembre 2022). *Estrategia Forestal Española Horizonte 2050*. estrategiaforestalespanolahorizonte2050_tcm30-549806.pdf (miteco.gob.es)
12. Sedigas (2023). *Estudio de la Capacidad de Producción de Biometano en España. Informe sobre el potencial de producción de biometano y definición de medidas específicas para su desarrollo en las Comunidades Autónomas*. <https://estudio-biometano.sedigas.es/wp-content/uploads/2023/03/sedigas-informe-potencial-biometano-2023.pdf>
13. Stainforth, Thorfinn. (9 October 2019). *Linking aviation emissions to climate justice. Linking aviation emissions to climate justice - IEEP AISBL*
14. Transport & Environment (December 2020). *Making aviation fuels mandates sustainable. An analysis of aviation fuel mandates in seven European states*. https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/2020_12_Aviation_SAF_mandates_rating_final.pdf



15. Whalen, R. et al (2 September 2021) *Plotting Aviation's uncharted Course to Net Zero*. Plotting Aviation's Unchartered Course to Net Zero | BCG
16. World Economic Forum in Collaboration with McKinsey & Company (November 2020). *Clean Skies for Tomorrow. Sustainable Aviation Fuels as a Pathway to Net-Zero Aviation*. Insight Report. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Clean_Skies_Tomorrow_SAF_Analytics_2020.pdf